

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مکانیک سیالات  
گذر حجمی و جرمی جریان  
در شرایط استاندارد

دکتر احمد نیک پی  
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین  
گروه بهداشت حرفه ای  
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲  
نگارش دوم  
nikpey@gmail.com

### منبع

- مکانیک سیالات کاربردی: راجرز کنسکی، فصل پنجم
- مکانیک سیالات با کاربردهای مهندسی: ئی جان فینه مور، فصل هشتم
- کتاب تهویه صنعتی، احمد نیک پی، فصل دوم، در دست چاپ

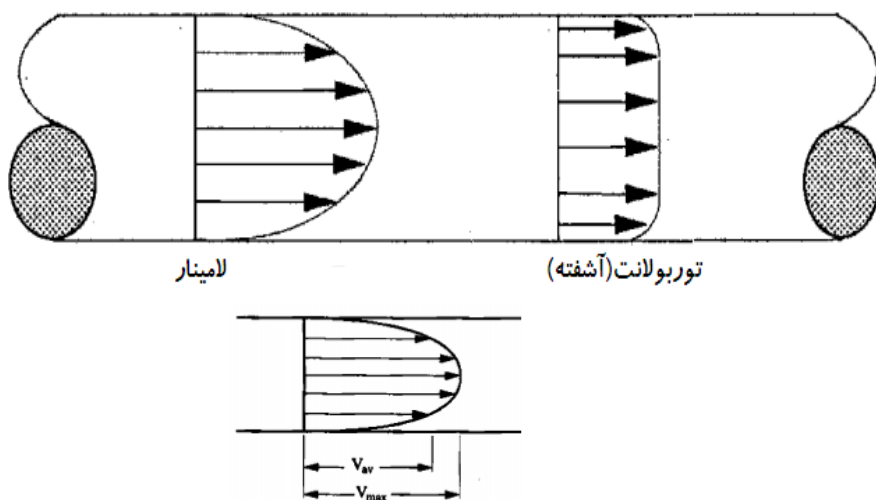
### اهداف:

- آشنایی با گذر حجمی
- آشنایی با گذر جرمی
- آشنایی با معادله پیوستگی

## سیال ایده آل

- سیال ایده آل تراکم ناپذیر و فاقد ویسکوزیته است .
- چون سیال ویسکوزیته ندارد، اصطکاکی نداشته و الگوی سرعت در مقطع جریان یکسان است.
- با توجه به ثابت بودن جرم حجمی و ویسکوزیته سیال، انرژی داخلی سیال در راستای جریان در مقاطع مختلف ثابت و بدون تغییر است.

## سرعت جریان متناسب با الگوی حرکت جریان

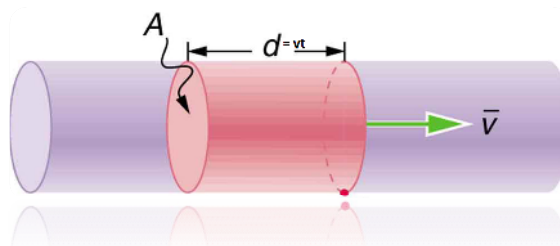


## گذر حجمی

- حجم سیال عبوری از کانال در واحد زمان .

$$Q = \frac{dU}{dt}$$

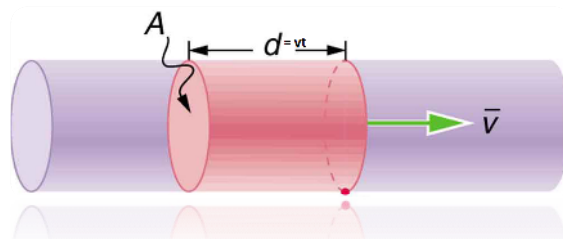
$$Q = \frac{U}{t}$$



## رابطه گذر حجمی و سرعت خطی جریان

- فاصله ای را که سیال در زمان  $t$  طی می کند  $Vt$
- حجم سیال عبوری از مقطع  $A$  کانال معادل  $Vt.A$

$$Q = \frac{V}{t} \rightarrow Q = \frac{vtA}{t} \rightarrow Q = v.A$$



اگر سطح مقطع مسیر  $1.2 \times 10^{-3} \text{m}^2$  و  $Q=24 \text{l/s}$  باشد سرعت متوسط جریان را تعیین کنید؟

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{2.4 \times 10^{-3}}{1.2 \times 10^{-3}} = 2 \text{m/s}$$

آب خروجی از لوله ای به قطر ۱۰ میلی متر، در مدت ۴ دقیقه و ۲۴ ثانیه ظرف ۲۵ لیتری را پر می کند. نرخ حجمی و سرعت خطی جریان را محاسبه کنید.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{25 \text{L}}{264 \text{sec}} = 0.0947 \text{L/sec}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{9.47 \times 10^{-5}}{\pi \times \frac{0.01^2}{4}} = 1.21 \text{L/sec}$$

## گذر جرمی

• جرم سیال عبوری از کانال در واحد زمان

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt}$$

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

## رابطه گذر جرمی و سرعت خطی جریان

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \quad \& \quad V = Q \cdot T$$

$$\dot{m} = \frac{\rho \cdot V}{t} = \frac{\rho \cdot Q \cdot t}{t} = \rho Q \quad \rightarrow \quad m = \rho A \cdot v$$

اگر در مدت ۷ ثانیه ۶ کیلوگرم آب در ظرفی جمع شود گذر جرمی سیال را تعیین کنید؟

$$m^{\circ} = \frac{\text{جرم سیال}}{\text{زمان}} = \frac{6kg}{7se} = 0.857kg/s$$

اگر گذر جرمی ۱.۷ کیلوگرم در ثانیه باشد، در چه زمانی ۸ کیلوگرم آب در ظرف جمع می شود؟

$$\text{time} = \frac{m}{m^{\circ}} = \frac{8}{1.7} = 4.7se$$

در کانالی به قطر ۱۰ اینچ، جریان هوای با سرعت متوسط ۳۰ فوت بر ثانیه با دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت با فشار ۴۰ پوند بر اینچ مربع در جریان است. فلوی جرمی هوا را بر اساس ثابت عمومی هوا محاسبه کنید؟  $R=1715 \text{ ft} \cdot \text{lb}/(\text{slug} \cdot ^\circ \text{R})$

$$\rho = \frac{P}{RT} = \frac{40(144)}{1715(460 + 100)} = \frac{0.006 \text{ Slug}}{\text{ft}^3} = 0.193 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\dot{m} = \rho AV = 0.006 \frac{\pi}{4} \left(\frac{10}{12}\right)^2 (30) = \frac{0.09815 \text{ slug}}{\text{sec}} = 3.16 \frac{\text{lb}}{\text{sec}}$$

بر اساس روش EPA6 اقدام به نمونه برداری از گاز دی اکسید گوگرد از دودکش می کنیم. محلول جذبی در بطری گازشوی، محلول آبی پراکسید هیدروژن می باشد. پس از تیترا محلول جذبی با پرکلرات باریم غلظت دی اکسید گوگرد در منبع انتشار ۶۰۰ پی پی ام گزارش شده است. اگر سرعت جریان در دودکش ۴۰ فوت بر ثانیه، قطر دودکش ۵ فوت و دما و فشار در دودکش به ترتیب ۴۵۰ درجه فارنهایت و ۱ اتمسفر باشد، فلوی جرمی گاز دی اکسید گوگرد بر حسب پوند بر ساعت چقدر است؟



$$\rho_{\text{Air}} = 0.075 \text{ lb/ft}^3 = 1.2 \text{ kg/m}^3 = 2.59 \times 10^{-3} \text{ lbmol/ft}^3 = 41.6 \text{ mol/m}^3$$

$$\text{دبی مولی گاز} = vAp = \frac{40 \text{ ft}}{\text{s}} \times \frac{\pi}{4} (5 \text{ ft})^2 \times 2.59 \times \frac{10^{-3} \text{ lbmol}}{\text{std ft}^3} \times \frac{528^\circ \text{ R}}{910^\circ \text{ R}}$$

$$= 1.18 \text{ lbmol/s} = 536 \text{ mol/s}$$

$$\text{دبی مولی } SO_2 = 1. \frac{18 \text{ lbmol}}{\text{s}} \times 600 \times 10^{-6}$$

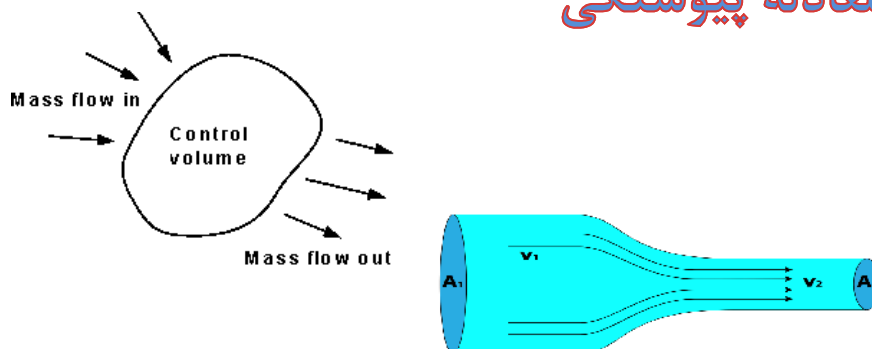
$$= 7.08 \times 10^{-4} \text{ lbmol/s} = 0.32 \text{ mol/s}$$

با ضرب نتایج در وزن ملکولی  $SO_2$  داریم:

$$7.08 \times 10^{-4} \times 64 = 4.53 \times \frac{10^{-2} \text{ lb}}{\text{s}}$$

$$= 163 \text{ lb/h} = 20.6 \text{ g/s} = 74.1 \text{ kg/h}$$

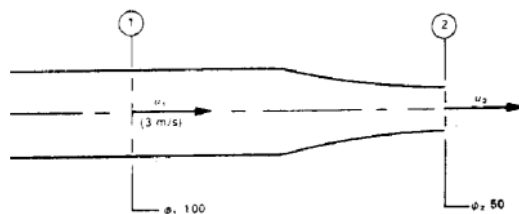
## معادله پیوستگی



$$Q = \text{ثابت} \rightarrow Q_1 = Q_2 \rightarrow V_1 A_1 = V_2 A_2$$

$$m^\circ = \text{ثابت} \rightarrow m^\circ_1 = m^\circ_2 \rightarrow \rho_1 Q_1 = \rho_1 Q_2$$

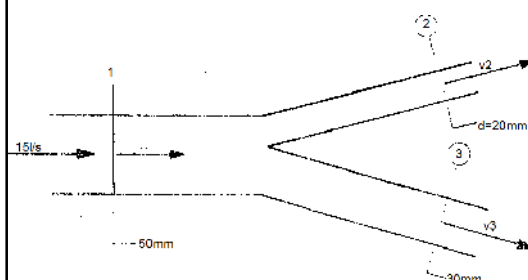
آب با سرعت 3m/s از لوله ای به قطر ۰/۱ متر به نازلی به قطر ۰/۰۵ متر منتهی می شود. سرعت را در خروجی نازل محاسبه کنید؟



$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 V_1 = A_2 V_2 \rightarrow V_2 = V_1 \left[ \frac{d_1}{d_2} \right]^2$$

$$V_2 = 3 \left[ \frac{100}{50} \right]^2 = 12 \text{ m/s}$$

اگر جریان ورودی به سیستم در شاخه یک به قطر ۵۰ میلی متر، 15l/s باشد با فرض برابر بودن سرعت در تمامی شاخه ها الف- سرعت جریان در شاخه ورودی، سرعت جریان در هر یک از شاخه ها و جریان حجمی در هر شاخه را تعیین کنید؟ قطر شاخه ۲ و ۳ به ترتیب ۲۰ و ۳۰ میلی متر می باشد.



$$Q_1 = V_1 A_1 \rightarrow \frac{0015 \text{ m}^3}{\text{s}} = V_1 \frac{\pi \times 0.05^2}{4} \rightarrow V_1 = 7.64 \text{ m/s}$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 + V_3 A_3, \quad V_1 = V_2 = V \rightarrow V_1 A_1 = V(A_2 + A_3) \rightarrow$$

$$V = \frac{V_1 A_1}{(A_2 + A_3)} \rightarrow V = \frac{7.64 \text{ m/s} \times 0.05^2}{(0.02^2 + 0.03^2)} = 14.7 \text{ m/s}$$

$$Q_2 = V_2 A_2 \rightarrow Q_2 = 14.7 \text{ m/s} \times \left( \frac{\pi \times 0.02^2 \text{ m}}{4} \right) = 0.0046 \text{ m}^3/\text{s} = 4.62 \text{ L/s}$$

$$Q_3 = V_3 A_3 \rightarrow Q_3 = 14.7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \left( \frac{\pi \times 0.03^2 \text{ m}}{4} \right) = 0.01039 \text{ m}^3/\text{s} = 10.39 \text{ L/s}$$

متشكرم